

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-198935

(43)Date of publication of application : 01.08.1995

(51)Int. Cl.

G02B 5/28

(21)Application number : 05-351258

(71)Applicant : KOSHIN KOGAKU-KK

(22)Date of filing : 28.12.1993

(72)Inventor : TAKAHASHI HARUO

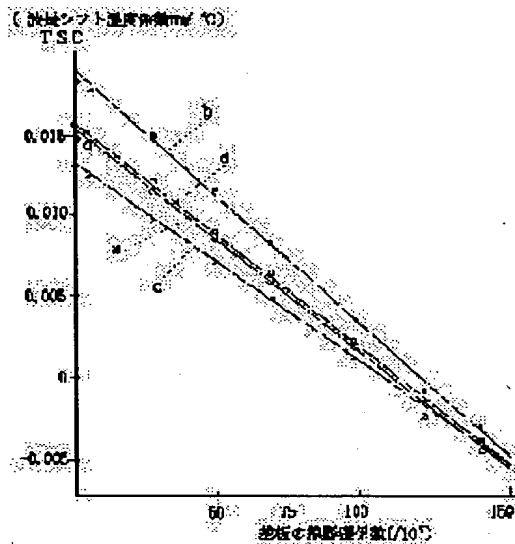
(54) SELECTING METHOD OF TEMPERATURE COEFFICIENT FOR WAVELENGTH SHIFT OF MULTILAYER FILM FILTER AND MULTILAYER FILM FILTER HAVING ALMOST ZERO TEMPERATURE COEFFICIENT OF WAVELENGTH SHIFT

(57)Abstract:

PURPOSE: To decide the temp. coefft. of wavelength shift of a multilayered film filter according to decision of the coefft. of linear expansion of a substrate and to obtain a multilayered film filter having almost zero temp. coefft. of wavelength shift.

CONSTITUTION: Dense multilayer films are formed on different substrates by vapor deposition by an ion or plasma process. The temp. coefft. of wavelength shift of each multilayer film is plotted on the coordinate of linear expansion coefft.-temp. coefft. of wavelength shift. Based on the obtd. plot, the temp. coefft. shift line intrinsic to each multilayer film is obtd. The substrate for a multilayer film having a specified temp. coefft. of wavelength shift is selected according to this temp. coefft. shift line. Further, by using a substrate having coefft. of linear expansion of 75-150(1/107), a multilayered filter having

almost zero temp. coefft. of wavelength shift is obtd. Thereby, the temp. coefft. of wavelength shift can be determined from the temp. coefft. shift line. A multilayered filter having almost zero temp. coefft. of wavelength shift can be obtd. by using a substrate having the coefft. of linear expansion in a specified range.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

07.06.1996

[Claim(s)]

[Claim 1] A selection method of a temperature coefficient of own refractive index of multilayers, and a wavelength shift temperature coefficient of a multilayers filter which determines coefficient of linear expansion of a substrate based on relation in which a wavelength shift temperature coefficient value carries out monotone reduction to a coefficient-of-linear-expansion value of a substrate also in consideration of volumetric strain to multilayers by thermal expansion of a substrate in addition to thickness fluctuation by thermal expansion.

[Claim 2] A selection method of a wavelength shift temperature coefficient of a multilayers filter of determining coefficient of linear expansion of a substrate based on relation in which a wavelength shift temperature coefficient value carries out monotone reduction to a coefficient-of-linear-expansion value of a substrate in a multilayers filter which carries out the laminating of the dense multilayers on a substrate using ion or the plasma process method.

[Claim 3] A coefficient-of-linear-expansion value is 75 thru/or 150 (/107). A wavelength shift temperature coefficient which comes to carry out the repeat laminating of the TiO₂ and SiO₂ coat by turns on a substrate in within the limits is the multilayers filter of abbreviation zero.

[Claim 4] A coefficient-of-linear-expansion value is 75 thru/or 150 (/107). On a substrate in within the limits, it is Ta₂O₅. A wavelength shift temperature coefficient which comes to carry out the repeat laminating of the SiO₂ coat by turns is the multilayers filter of abbreviation zero.

[Claim 5] A coefficient-of-linear-expansion value is 75 thru/or 150 (/107). On a substrate in within the limits, it is Ta₂O₅. SiO₂ and aluminum₂O₃. A wavelength shift temperature coefficient which comes to carry out the repeat laminating of the coat by turns is the multilayers filter of abbreviation zero.

[Claim 6] A coefficient-of-linear-expansion value is 75 thru/or 150 (/107). On a substrate in within the limits, they are TiO₂, SiO₂, and aluminum₂O₃. A wavelength shift temperature coefficient which comes to carry out the repeat laminating of the coat by turns is the multilayers filter of abbreviation zero.

[Claim 7] as vacuum evaporation material -- TiO₂, SiO₂, Ta₂O₅, aluminum₂O₃, ZrO₂, Si, ZnS and HfO, germanium, Nd₂O₆, Nb₂O₅, and CeO₂ any or one or more -- adopting -- ion or the plasma process method -- a coefficient-of-linear-expansion value -- 75 -- or 150 (/107) A wavelength shift temperature coefficient which comes to carry out the dense vacuum evaporation of the above-mentioned vacuum evaporation coat on a substrate in within the limits is the multilayers filter of abbreviation zero.

[Claim 8] A selection method of a wavelength shift temperature coefficient of a multilayers filter which carries out the laminating of the same multilayers on a substrate which changed with ion or plasma process methods, produces two or more kinds of multilayers filters, plots a wavelength shift temperature coefficient value of each multilayers filter on a coefficient-of-linear-expansion-wavelength shift temperature coefficient coordinate, draws a temperature coefficient shift straight line of that multilayers proper, and adopts a substrate which has a predetermined coefficient of linear expansion from this straight line.

[Claim 9] A coefficient-of-linear-expansion value is 75 thru/or 150 ($1/107$). A selection method of a wavelength shift temperature coefficient of a multilayers filter according to claim 1 of adopting a substrate in within the limits, adjusting a straight line temperature coefficient of own refractive index of multilayers, and obtaining a predetermined wavelength shift temperature coefficient.

[Claim 10] A wavelength shift temperature coefficient which adopts a substrate of a coefficient-of-linear-expansion value led from a temperature coefficient shift straight line of a multilayers proper is the multilayers filter of abbreviation zero.

[Claim 11] A wavelength shift temperature coefficient according to claim 10 which calculates a temperature coefficient shift straight line from a coefficient-of-linear-expansion-wavelength shift temperature coefficient coordinate value of each multilayers filter with which only substrates differ is the multilayers filter of abbreviation zero.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the wavelength shift temperature coefficient selection method of the multilayers filter used for optical communication etc. A desired wavelength shift temperature coefficient value is selected based on the coefficient-of-linear-expansion-wavelength shift temperature coefficient coordinate of a multilayers proper etc., and especially a wavelength shift temperature coefficient offers the multilayers filter of abbreviation zero.

[0002]

[Description of the Prior Art] The multilayers band pass filter (a multilayers filter is called below) which carried out the laminating of the dielectric coat of TiO_2 or SiO_2 grade on substrates, such as a quartz, is vapor-deposited by the electron beam on the substrate heated by 250 ** within the vacuum chamber. The multilayers in this case have low pack density (if it puts in another way SUKASUKA), and membrane

structure presents a columnar structure. Under an operating environment, moisture carries out the adsorption and desorption of the inside of multilayers, a membranous refractive index is changed, and fluctuation of a wavelength shift temperature coefficient is brought about. Peak transmitted wave length shifts to a short wavelength side at the time of a temperature up, and it shifts to a long wavelength side at the time of a temperature fall. In order to offer dense multilayers, ion-plasma process vacuum deposition, such as the ion assisting method, the ion plating method, and an ion beam sputtering technique, is adopted. Although the multilayers filter of high pack density is wide opened from the effect of humidity, with a narrow-band multilayers filter, the technical problem of the peak wavelength shift by temperature remains.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Dense wave-length multiple telecommunication and coherent optical communication are adopted by the end of today. In order that transparency peak wavelength may shift the narrow-band multilayers filter by the ion-plasma process method according to fluctuation of ambient temperature, a request in the multilayers filter of abbreviation zero has a very strong wavelength shift temperature coefficient. Although it is groping for the material, the own physical properties, own vacuum evaporation method of multilayers, etc., it is having trouble to the temperature coefficient of a refractive index. this invention person is establishing the wavelength shift temperature coefficient selection theory in consideration of the volumetric strain from a substrate to multilayers paying attention to the coefficient of linear expansion of a substrate, and a wavelength shift temperature coefficient aims at offer of the multilayers filter of abbreviation zero.

[0004]

[Means for Solving the Problem] In addition to a temperature coefficient of own refractive index of multilayers, and thickness fluctuation by thermal expansion, coefficient of linear expansion of a substrate is determined based on relation in which a wavelength shift temperature coefficient value carries out monotone reduction to a coefficient-of-linear-expansion value of a substrate also in consideration of volumetric strain to multilayers by thermal expansion of a substrate, and a multilayers filter which has a desired wavelength shift temperature coefficient value is offered. A coefficient-of-linear-expansion value is 75 thru/or 150 (10^7). On a substrate in within the limits, they are TiO_2 and SiO_2 coat or Ta_2O_5 . The repeat laminating of the SiO_2 coat is carried out by turns, and a wavelength shift temperature coefficient produces a multilayers filter of abbreviation zero.

[0005]

[Function] Drawing 1 is a substrate coefficient-of-linear-expansion-wavelength shift temperature coefficient coordinate, and is the temperature coefficient shift straight line a for every multilayers · d. It is drawn. For example, Straight line a In order for a wavelength shift temperature coefficient to use multilayers as the multilayers filter of abbreviation 0, coefficient of linear expansion is 110/107. What is necessary is just to adopt the substrate which takes near. It is understood that a wavelength shift temperature coefficient carries out monotone reduction in proportion to the coefficient of linear expansion of a substrate. The volumetric-strain model in consideration of the volumetric strain to the multilayers by the thermal expansion of a substrate is explained below. temperature t0 and t the average refractive index as a film of the vacuum evaporation film at the time -- n0 and nt, the average refractive index of the portion of the vacuum evaporation material of a vacuum evaporation film -- N0 and N t, the pack density of a vacuum evaporation film -- P0 and Pt, the thickness of a vacuum evaporation film -- d0 and d t, the volume of the cube in the field of a certain fixed thin film -- V0 and Vt ** -- it carries out. The Poisson's ratio of multilayers is set to s, the temperature coefficient of beta and a refractive index is set to delta for a mean coefficient of linear expansion, and coefficient of linear expansion of a substrate is set to alpha.

$$n_0 = N_0 P_0 + 1 - P_0 V$$

$$t = V_0 [1 + 2(\alpha \cdot \beta) \times 0 [1 - 2] s / (1 - s) + 3 \beta]$$
from this $P t = P_0 (1 + 3 \beta) / [1 + 3 \beta + 2(\alpha \cdot \beta) (1 - 2 s) / (1 - s)]$

$$d t = d_0 [1 - 2s (\alpha \cdot \beta) (1 - s) + \beta]$$
They are the temperature coefficient of a refractive index, and $\Delta = (1/N) (dn/dt)$ here. If a definition is given $n_t = N t P t + 1 - P t = (N_0 + N_0 \Delta) P t + 1 - P t$ -- this, Wavelength shift temperature coefficient (TSC) in the wavelength λ of a multilayers filter $TSC = \lambda \cdot \Delta (nd) / n_0 = n_t d t / n_0 d_0 - 1$ It is expressed with **. The 2nd Drawing is as a result of [of having investigated the temperature coefficient dependency (Δ) of a refractive index based on ** type] count. Pack density $P = 1.0$ and Poisson's ratio $s = 0$ It takes to coefficient-of-linear-expansion $\beta = 1/107$ of a film, and the average refractive index $N = 1.85$. The 1st If it compares with the experimental result of drawing, it will be understood that the temperature coefficient of a refractive index takes abbreviation 1.0 / about 105 value. This count result in which a wavelength shift temperature coefficient carries out monotone reduction in proportion to the coefficient of linear expansion of a substrate serves as a proof of the rightness in consideration of the volumetric strain to the multilayers by the thermal expansion of a substrate of a volumetric-strain model.

[0006]

[Example] It is the wavelength shift temperature coefficient (TSC) of transparency

peak wavelength for a horizontal axis about the coefficient of linear expansion of the substrate of a multilayers filter. The coefficient-of-linear-expansion-wavelength shift temperature coefficient coordinate taken along the axis of ordinate is shown in drawing 1. Temperature coefficient shift straight line a in this drawing It is the wavelength shift temperature coefficient straight line of the multilayers (a cavity layer has primary cavity length, and is produced by SiO₂, and half-value width is about 0.5nm) which carried out the 33 layer laminating of TiO₂/SiO₂ of repeats by turns. These multilayers are a table 1. It is vapor-deposited by each indicated substrate, respectively, and each multilayers filter is produced. It is each multilayers filter 2 [20 degrees C and 60 degrees C] Transparency peak wavelength is measured at a point, It is a plot (O mark) to this drawing about the wavelength shift temperature coefficient of the result. It carries out. It is the above-mentioned temperature coefficient shift straight line a based on this plot. It is created. If there are two plotting points, a ***** shift straight line can be drawn once.

[A table 1]

Next, TiO₂/SiO₂ carry out a 31-layer repeat laminating by turns, and they create multilayers. The difference from the above-mentioned example is the point of having adopted TiO₂ as the cavity layer which has primary cavity length. layout center wavelength -- 1540nm -- mesial magnitude width -- about 1.0nm it is . substrate (each substrate indicated by the table 1) with which these multilayers are vapor-deposited every -- a wavelength shift temperature coefficient is measured similarly The 1st drawing -- plot (mark) It carried out. These each point to temperature coefficient shift straight line b It asks. Both temperature coefficient shift straight lines a and b Difference, It originates in the difference of the temperature coefficient of the refractive index of SiO₂ and TiO₂ which is a cavity layer. The laminating of Ta 2O₅ / SiO₂ is carried out alternately with a 41-layer repeat, and, in the case of the multilayers which adopted SiO₂ as the cavity layer which has primary cavity length, the temperature

coefficient shift straight line c is drawn. This straight line c is called for from each plot (** mark). It is Ta 2O5 to the cavity layer which similarly carries out the laminating of Ta 2O5 / SiO2 alternately with a 39-layer repeat, and has primary cavity length. In the case of the adopted multilayers, the temperature coefficient shift straight line d is drawn. This straight line d is called for from each plot (** mark). The difference among both the temperature coefficient shift straight lines c and d is a difference in a cavity layer. It is Ta 2O5 from SiO2 of one cavity layer. The direction is because the temperature coefficient of a refractive index is large a little. The multilayers vapor-deposited from these measurement results and the above-mentioned ** type by the substrate with a big coefficient of linear expansion are dragged by the coefficient of thermal expansion of a substrate, like, the film itself produces volumetric strain two-dimensional as a result of [its] breadth, pack density falls, and volumetric-strain theory of changing a wavelength shift temperature coefficient is drawn.

[0007] From temperature coefficient shift straight line a-d of drawing 1, it is understood that a wavelength shift temperature coefficient value carries out monotone reduction to the coefficient-of-linear-expansion value of a substrate. the multilayers filter which has a certain wavelength shift temperature coefficient -- this straight line -- since -- it becomes possible by coefficient-of-linear-expansion selection of the class of multilayers and substrate which are led. In order for a wavelength shift temperature coefficient to produce the multilayers filter of abbreviation zero, a coefficient-of-linear-expansion value is 75 thru/or 150 (/107). What is necessary is just to carry out the repeat laminating of TiO2/SiO2 coat or the Ta2O5 / SiO2 coat by turns on the substrate in within the limits.

[0008] TiO2, SiO2, and Ta 2O5 although explained as a vacuum evaporationo coat -- Ta 2O5/SiO2/aluminum 2O3 Or TiO2/SiO2/aluminum 2O3 Also case of the multilayers which carried out the repeat laminating by turns, The temperature coefficient shift straight line a · d abbreviation -- it has the same orientation. this aluminum 2O3 not only -- the coat according to the layout transparency peak wavelength of a multilayers filter is adopted suitably. the vacuum evaporationo material of an old example -- SiO2, TiO2, Ta 2O5, and aluminum 2O3 it is -- although -- in addition -- being alike -- ZrO2, Si, ZnS, HfO and germanium, Nd 2O6, Nb 2O5, and CeO2 Selection adoption is carried out. especially -- germanium (germanium) the wavelength shift temperature coefficient which consists of a coat -- the long wave of abbreviation zero -- filter for merits, a space observation airplane -- it is expected as dexterous. The spatter of such vacuum evaporationo material is carried out with an acceleration electron or ion, and a direct or plasma field is made to pass through and vapor-deposit on the selected substrate.

Oxygen and nitrogen ion are irradiated according to an ion gun at a vacuum evaporation film. The temperature up of the substrate is carried out to 100 - 120 ** with the radiant heat from the quality of an emission. Multilayers by this ion or the plasma process method, Pack density is abbreviation 1. It becomes a near dense film. A coat high in this way, therefore multilayers receive the volumetric strain by the coefficient of linear expansion of a substrate, pack density causes the fall of pack density, and a wavelength shift temperature coefficient is changed. Coat with very low pack density (SUKASUKA condition) The effect a wavelength shift temperature coefficient is influenced by the coefficient of linear expansion of a substrate with a multilayers filter is small.

[0009] TiO₂/SiO₂/aluminum 2O₃ or -- for a wavelength shift temperature coefficient's producing the multilayers filter of abbreviation zero by the multilayers which carried out the repeat laminating of TiO₂/SiO₂/aluminum 2O₃ by turns -- temperature coefficient shift straight line a-d -- referring to -- a coefficient-of-linear-expansion value -- 75 thru/or 150 (/107) it is in within the limits -- what is necessary will be just to carry out a substrate They are ZrO₂, Si, ZnS, HfO, germanium, Nd 2O₆, Nb2O₅, and CeO₂ similarly. In order for a wavelength shift temperature coefficient to produce the multilayers filter of abbreviation zero also by the coat, a coefficient-of-linear-expansion value is 75 thru/or 150 (/107). The substrate in within the limits is adopted. But the absolute value of a wavelength shift temperature coefficient value is the same, and if two kinds of multilayers filters with which only the signs (positive/negative) differ are set and used, a wavelength shift temperature coefficient will be set to 0. The multilayers filter with which only the signs of positive/negative differ with reference to temperature coefficient shift straight line a-d can be selected.

[0010]

[Effect of the Invention] In short, since this invention determines the coefficient of linear expansion of a substrate based on the relation in which a wavelength shift temperature coefficient value carries out monotone reduction to the coefficient-of-linear-expansion value of a substrate also in consideration of the volumetric strain to the dense multilayers by the thermal expansion of a substrate in addition to the temperature coefficient of the own refractive index of multilayers, and the thickness fluctuation by thermal expansion, it can select the multilayers filter which has a predetermined wavelength shift temperature coefficient value. Multilayers and a substrate are selected with reference to a temperature coefficient shift straight line. Especially, coefficient of linear expansion is 75 thru/or 150 (/107). If a substrate within the limits is adopted, a wavelength shift temperature coefficient can offer the

multilayers filter of abbreviation zero. Moreover, if the coefficient of linear expansion of a certain substrate is known, the multilayers of a multilayers filter which have a predetermined wavelength shift temperature coefficient from many temperature coefficient shift straight lines can be determined, and when multilayers are specified, the wavelength shift temperature coefficient of the multilayers filter is known beforehand.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-198935

(43) 公開日 平成7年(1995)8月1日

(51) Int.Cl.[°]

G 0 2 B 5/28

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数11 F D (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平5-351258

(22) 出願日 平成5年(1993)12月28日

(71) 出願人 591266906

有限会社光伸光学

神奈川県秦野市三廻部39番地5

(72) 発明者 高橋晴夫

神奈川県秦野市堀山下795番地の1

(74) 代理人 弁理士 立花 良介

(54) 【発明の名称】 多層膜フィルタの波長シフト温度係数の選定方法及び波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタ

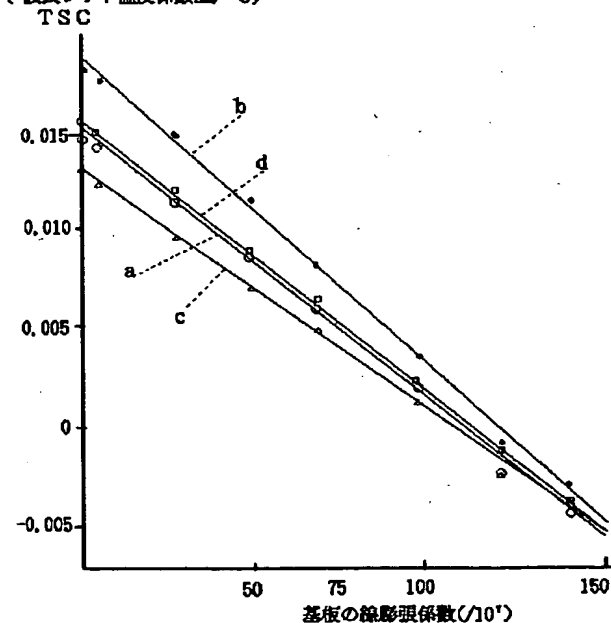
(57) 【要約】

【目的】 多層膜フィルタの波長シフト温度係数を基板の線膨張係数決定によって選定し、併せて波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタの提供。

【構成】 イオンあるいはプラズマプロセス法によって稠密多層膜を異なった基板上にそれぞれ蒸着し、各多層膜フィルタの波長シフト温度係数を線膨張係数-波長シフト温度係数座標上にプロットする。各プロットを基にしてこの多層膜固有の温度係数シフト直線を求める。所定の波長シフト温度係数を有する多層膜フィルタの基板はこの温度係数シフト直線によって選定される。更に、線膨張係数が75~150 (/10⁷) の基板を採用することで波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタをえる。

【効果】 温度係数シフト直線により波長シフト温度係数を適宜選定できる。波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタは基板の線膨張係数がある範囲内のものを採用することで可能となる。

(波長シフト温度係数nm/°C)



【特許請求の範囲】

【請求項1】 多層膜自身の屈折率の温度係数や、熱膨張による膜厚変動以外に、基板の熱膨張による多層膜への体積歪みをも考慮し、波長シフト温度係数値が基板の線膨張係数値に対して単調減少する関係を踏まえて基板の線膨張係数を決定する、多層膜フィルタの波長シフト温度係数の選定方法。

【請求項2】 イオンあるいはプラズマプロセス法等を用いて稠密多層膜を基板上に積層する多層膜フィルタに於いて、波長シフト温度係数値が基板の線膨張係数値に対して単調減少する関係を踏まえて基板の線膨張係数を決定する、多層膜フィルタの波長シフト温度係数の選定方法。

【請求項3】 線膨張係数値が75乃至150($/10^7$)の範囲内にある基板上に、 TiO_2 と SiO_2 皮膜を交互に繰り返し積層してなる、波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタ。

【請求項4】 線膨張係数値が75乃至150($/10^7$)の範囲内にある基板上に、 Ta_2O_5 と SiO_2 皮膜を交互に繰り返し積層してなる、波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタ。

【請求項5】 線膨張係数値が75乃至150($/10^7$)の範囲内にある基板上に、 Ta_2O_5 と SiO_2 そして Al_2O_3 皮膜を交互に繰り返し積層してなる、波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタ。

【請求項6】 線膨張係数値が75乃至150($/10^7$)の範囲内にある基板上に、 TiO_2 と SiO_2 そして Al_2O_3 皮膜を交互に繰り返し積層してなる、波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタ。

【請求項7】 蒸着物質として、 TiO_2 、 SiO_2 、 Ta_2O_5 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 Si 、 ZnS 、 HfO 、 Ge 、 Nd_2O_6 、 Nb_2O_5 、 CeO_2 のいずれか一つ以上を採用し、イオンあるいはプラズマプロセス法により、線膨張係数値が75乃至150($/10^7$)の範囲内にある基板上に、上記蒸着皮膜を稠密蒸着してなる、波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタ。

【請求項8】 イオンあるいはプラズマプロセス法により異なった基板上に同一の多層膜を積層して二種類以上の多層膜フィルタを作製し、各多層膜フィルタの波長シフト温度係数値を線膨張係数-波長シフト温度係数座標上にプロットしてその多層膜固有の温度係数シフト直線を描き、この直線から所定の線膨張係数を有する基板を採用する、多層膜フィルタの波長シフト温度係数の選定方法。

【請求項9】 線膨張係数値が75乃至150($/10^7$)の範囲内にある基板を採用し、多層膜自身の屈折率の直線温度係数を調節して所定の波長シフト温度係数をえる、請求項1記載の多層膜フィルタの波長シフト温度係数の選定方法。

【請求項10】 多層膜固有の温度係数シフト直線から導かれる線膨張係数値の基板を採用する、波長シフト温

度係数が略ゼロの多層膜フィルタ。

【請求項11】 基板のみ異なる各多層膜フィルタの線膨張係数-波長シフト温度係数座標値から温度係数シフト直線を求める、請求項10記載の波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は光通信等に使用される多層膜フィルタの波長シフト温度係数選定方法に関する。多層膜固有の線膨張係数-波長シフト温度係数座標等を基にして所望の波長シフト温度係数値を選定し、特に波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタを提供する。

【0002】

【従来の技術】 TiO_2 や SiO_2 等の誘電体皮膜を石英等の基板上に積層した多層膜バンドパスフィルタ（以下多層膜フィルタと称する）は、真空チャンバー内で250℃に加熱された基板上に電子ビームによって蒸着される。この場合の多層膜は充填密度が低く（換言すればスカスカ）、膜構造は柱状構造を呈する。使用環境下では水分が多層膜内を吸脱着して膜の屈折率を変化させ、波長シフト温度係数の変動をもたらす。昇温時にはピーク透過波長は短波長側にシフトし、降温時には長波長側にシフトする。稠密多層膜を提供するためイオンアシスト法、イオンプレーティング法やイオンビームスパッター法等のイオン-プラズマプロセス蒸着法が採用される。高充填密度の多層膜フィルタは湿度の影響から開放されるが、狭帯域多層膜フィルタでは温度によるピーク波長シフトの課題が残る。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 今日では稠密波長多重通信やコヒーレント光通信が採用される。イオン-プラズマプロセス法による狭帯域多層膜フィルタは、周囲温度の変動に応じて透過ピーク波長がシフトするため、波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタへの要望が極めて強い。多層膜自身の素材や物性そして蒸着方法等を模索しているが、屈折率の温度係数に難渋している。本発明者は基板の線膨張係数に着目し、基板から多層膜への体積歪みを考慮した波長シフト温度係数選定理論を確立することで、波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタの提供を図る。

【0004】

【課題を解決するための手段】 多層膜自身の屈折率の温度係数や、熱膨張による膜厚変動以外に、基板の熱膨張による多層膜への体積歪みをも考慮し、波長シフト温度係数値が基板の線膨張係数値に対して単調減少する関係を踏まえて基板の線膨張係数を決定し、所望の波長シフト温度係数値を有する多層膜フィルタを提供する。線膨張係数値が75乃至150($/10^7$)の範囲内にある基板上に、 TiO_2 と SiO_2 皮膜あるいは Ta_2O_5 と SiO_2 皮膜を交互に繰り返し

返し積層して、波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタを作製する。

【0005】

【作用】第1図は基板線膨張係数-波長シフト温度係数座標であり、各多層膜毎の温度係数シフト直線a～dが描かれている。例えば、直線aの多層膜を波長シフト温度係数が略0の多層膜フィルタにするには、線膨張係数が $110/10^7$ 近傍をとる基板を採用すれば良い。基板の線膨張係数に比例して波長シフト温度係数が単調減少する

$$n_0 = N_0 P_0 + 1 - P_0$$

$$V_t = V_0 [1 + 2(\alpha - \beta) \times (1 - 2s) / (1 - s) + 3\beta]$$

これより、

$$P_t = P_0(1 + 3\beta) / [1 + 3\beta + 2(\alpha - \beta)(1 - 2s) / (1 - s)]$$

$$d_t = d_0[1 - 2s(\alpha - \beta)(1 - s) + \beta]$$

ここで屈折率の温度係数、 $\delta = (1/N)(dN/dt)$ と定義すると、

$$n_t = N_t P_t + 1 - P_t = (N_0 + N_0 \delta) P_t + 1 - P_t$$

$$TSC = \lambda \cdot \Delta(nd) / n_0 = n_t d_t / n_0 d_0 - 1 \cdots \textcircled{1}$$

で表される。第2図は①式に基づいて、屈折率の温度係数依存性(δ)を調べた計算結果である。充填密度 $P = 1.0$ 、ポアソン比 $s = 0$ 、膜の線膨張係数 $\beta = 1/10^7$ 、平均屈折率 $N = 1.85$ に採る。第1図の実験結果と見比べると、屈折率の温度係数は略 $1.0/10^5$ 程度の値を採ることが理解される。波長シフト温度係数が基板の線膨張係数に比例して単調減少するこの計算結果は、基板の熱膨張による多層膜への体積歪みを考慮した体積歪みモデルの正しさの証左となる。

【0006】

【実施例】多層膜フィルタの基板の線膨張係数を横軸にとり、透過ピーク波長の波長シフト温度係数(TSC)を縦軸にとった線膨張係数-波長シフト温度係数座標を第1

ことが理解される。基板の熱膨張による多層膜への体積歪みを考慮した、体積歪みモデルを以下説明する。温度 t_0 及び t の時の蒸着膜の膜としての平均屈折率を n_0, n_t 、蒸着膜の蒸着物質の部分の平均屈折率を N_0, N_t 、蒸着膜の充填密度を P_0, P_t 、蒸着膜の厚さを d_0, d_t 、ある一定の薄膜の領域内の立方体の体積を V_0, V_t とする。多層膜のポアソン比を s 、平均線膨張係数を β 、屈折率の温度係数を δ とし、基板の線膨張係数を α とする。

これより、多層膜フィルタの波長 λ での波長シフト温度係数(TSC)は、

図に示す。同図における温度係数シフト直線aは、 $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ を交互に繰り返して33層積層した多層膜(キャビティ層は一次の共振器長を有し、 SiO_2 で作製され、半値幅は約0.5nm)の波長シフト温度係数直線である。この多層膜は表1に記載された各基板にそれぞれ蒸着されて各多層膜フィルタが作製される。各多層膜フィルタを 20°C と 60°C の2点で透過ピーク波長を測定し、その結果の波長シフト温度係数を同図にプロット(○印)する。このプロットを基にして上記温度係数シフト直線aが作成される。二個のプロット点があれば一応は温度係数シフト直線を描くことができる。

【表1】

硝子名	線膨張係数 ($10^{-7}/^\circ\text{C}$)	屈折率(n) 587.56nm	メーカー
クリストロン	～0	1.5459	HOYA
石英	4	1.4585	
EL3.0	3.4	1.5325	HOYA
LAM0.0	5.4	1.7433	OHARA
BK7	7.4	1.5168	
BAL2	10.0	1.5718	OHARA
FPL5.1	12.7	1.4978	OHARA
FPL5.3	14.2	1.439	OHARA

次に、 $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ が交互に31層繰り返して積層して多層膜を作成する。上記実施例との違いは、一次の共振器長を有するキャビティ層に TiO_2 を採用した点である。設計中心波長は1540nmで半値巾は約1.0nmである。この多層膜が蒸着される基板(表1に記載された各基板)毎の波長シフト温度係数を同じように測定して、第1図にプロット(●印)した。これら各点から温度係数シフト直線bが求められる。両温度係数シフト直線a, bの違いは、キャビティ層である SiO_2 と TiO_2 の屈折率の温度係数の差

に起因する。 $\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2$ を41層繰り返して交互に積層し、一次の共振器長を有するキャビティ層に SiO_2 を採用した多層膜の場合には、温度係数シフト直線cが描かれる。各プロット(△印)からこの直線cは求められる。同じように、 $\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2$ を39層繰り返して交互に積層し、一次の共振器長を有するキャビティ層に Ta_2O_5 を採用した多層膜の場合には、温度係数シフト直線dが描かれる。各プロット(□印)からこの直線dは求められる。両温度係数シフト直線c, dの違いは、キャビティ

層の違いである。一方のキャビティ層の SiO_2 よりも Ta_2O_5 の方が屈折率の温度係数が若干大きいためである。これらの測定結果及び上記①式から、線膨張係数の大きな基板に蒸着された多層膜は、基板の熱膨張係数に引きずられ様に、膜自身が二次元的に広がり、その結果体積歪みを生じて、充填密度が低下し、波長シフト温度係数が変動するという体積歪み理論が導かれる。

【0007】第1図の温度係数シフト直線a～dから、波長シフト温度係数値は基板の線膨張係数値に対して単調減少することが理解される。ある波長シフト温度係数を有する多層膜フィルタは、この直線をから導かれる多層膜の種類と基板の線膨張係数選定によって可能になる。波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタを作製するには、線膨張係数値が75乃至150($/10^7$)の範囲内にある基板上に、 $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ 皮膜あるいは $\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2$ 皮膜を交互に繰り返して積層すれば良い。

【0008】 TiO_2 、 SiO_2 、 Ta_2O_5 を蒸着皮膜として説明してきたが、 $\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ あるいは $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ を交互に繰り返して積層した多層膜の場合も、温度係数シフト直線a～dと略同じ傾向を有する。この Al_2O_3 に限らず多層膜フィルタの設計透過ピーク波長に応じた皮膜が適宜採用される。これまでの実施例の蒸着物質は、 SiO_2 、 TiO_2 、 Ta_2O_5 、 Al_2O_3 であるが、その他には、 ZrO_2 、 Si 、 ZnS 、 HfO 、 Ge 、 Nd_2O_6 、 Nb_2O_5 、 CeO_2 が選択採用される。特に、 Ge (ゲルマニウム)皮膜からなる波長シフト温度係数が略ゼロの長波長用フィルタは、宇宙観測機器用として期待される。これらの蒸着物質を加速電子やイオンによってスパッターし、選定された基板上に直接或いはプラズマ領域を通過して蒸着させる。イオンガンによって酸素や窒素イオンを蒸着膜に照射する。基板は蒸発物質からの輻射熱により100～120℃に昇温する。このイオンあるいはプラズマプロセス法による多層膜は、充填密度が略1に近い稠密膜となる。充填密度がこのように高い皮膜ゆえに、多層膜は基板の線膨張係数による体積歪みを受け、充填密度の低下を招き、波長シフト温度係数が変動する。充填密度が極めて低い皮膜(スカスカ状態)の多層膜フィルタでは、波長シフト温度係数が基板の線膨張係数から受ける影響は小さい。

【0009】 $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ あるいは $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{A}$

l_2O_3 を交互に繰り返して積層した多層膜で、波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタを作製するには、温度係数シフト直線a～dを参照して、線膨張係数値が75乃至150($/10^7$)の範囲内にある基板すれば良いことになる。同じように ZrO_2 、 Si 、 ZnS 、 HfO 、 Ge 、 Nd_2O_6 、 Nb_2O_5 、 CeO_2 の皮膜でも、波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタを作製するには、線膨張係数値が75乃至150($/10^7$)の範囲内にある基板を採用する。もっとも、波長シフト温度係数値の絶対値が同じでその符号(正負)のみが異なる二種類の多層膜フィルタを合わせて使用すれば、波長シフト温度係数は0になる。温度係数シフト直線a～dを参照して正負の符号のみ異なる多層膜フィルタを選定できる。

【0010】

【発明の効果】要するに、本発明は多層膜自身の屈折率の温度係数や、熱膨張による膜厚変動以外に、基板の熱膨張による稠密多層膜への体積歪みをも考慮し、波長シフト温度係数値が基板の線膨張係数値に対して単調減少する関係を踏まえて基板の線膨張係数を決定するため、所定の波長シフト温度係数値を有する多層膜フィルタを選定できる。温度係数シフト直線を参照して多層膜と基板とを選定する。特に、線膨張係数が75乃至150($/10^7$)の範囲内の基板を採用すれば、波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタを提供できる。また、ある基板の線膨張係数が分かっているれば、多数の温度係数シフト直線から所定の波長シフト温度係数を有する多層膜フィルタの多層膜を決定でき、多層膜が特定されている場合にはその多層膜フィルタの波長シフト温度係数が予め分かる。

【図面の簡単な説明】

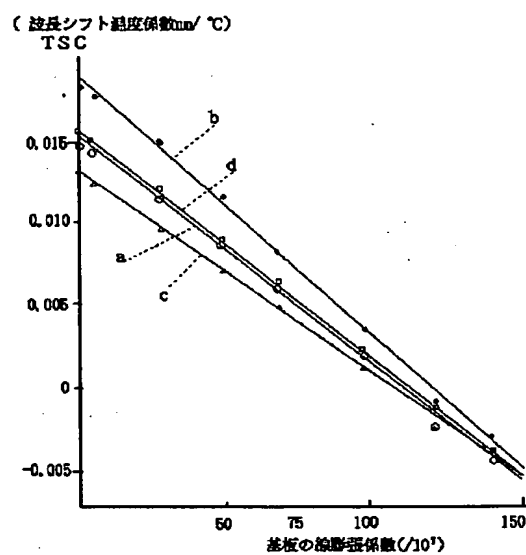
【図1】基板の線膨張係数と多層膜フィルタの波長シフト温度係数との関係を示すグラフ図である。

【図2】基板の線膨張係数による多層膜への体積歪みを考慮した計算式から導かれる温度係数シフト直線である。

【符号の説明】

- a 温度係数シフト直線
- b 温度係数シフト直線
- c 温度係数シフト直線
- d 温度係数シフト直線

【図 1】



【図 2】

